



GÜNTER PÖPPEL

„Kleiner Ohrwurm“ – von der Handfertigung zur Automation

SENNHEISER



Über Sennheiser



► Sennheiser:

- Familienunternehmen in der 3. Generation
- ist in der Elektroakustik zu Hause
- Produkte für die professionelle Musikindustrie sowie für Consumer
- 2700 Mitarbeiter weltweit (inklusive Vertriebstöchter)
- 4 Fertigungsstandorte in Wennebostel, Tullamore (Irl.) und Albuquerque (USA) und seit diesem Jahr in Brasov (Rum.)
- 667 Mio. € Umsatz in 2017



Sennheiser Wennebostel



Sennheiser Tullamore (Irl.)



Sennheiser Albuquerque (USA)

Produktportfolio



Drahtlose und drahtgebundene Mikrofone



Headsets (Gaming, Call Center)



Konferenzsysteme



Ambeo (3D-Audio)



Drahtlose und drahtgebundene Kopfhörer

Von der Handproduktion zur Automation



▶ Ausgangssituation:

- High-End Wandler (Ø 7mm) aus Handproduktion (IE800)
- Fertigung in Deutschland
- Hohe Kosten und geringe Ausbringung

▶ Ziel:

- Automatische Fertigung in ähnlicher Qualität in Europa
- Gleiche Größe oder kleiner
- Kosten wie unser nächst größere Wandler (Ø 10mm)
- Stückzahl: 3 Mio. / Jahr

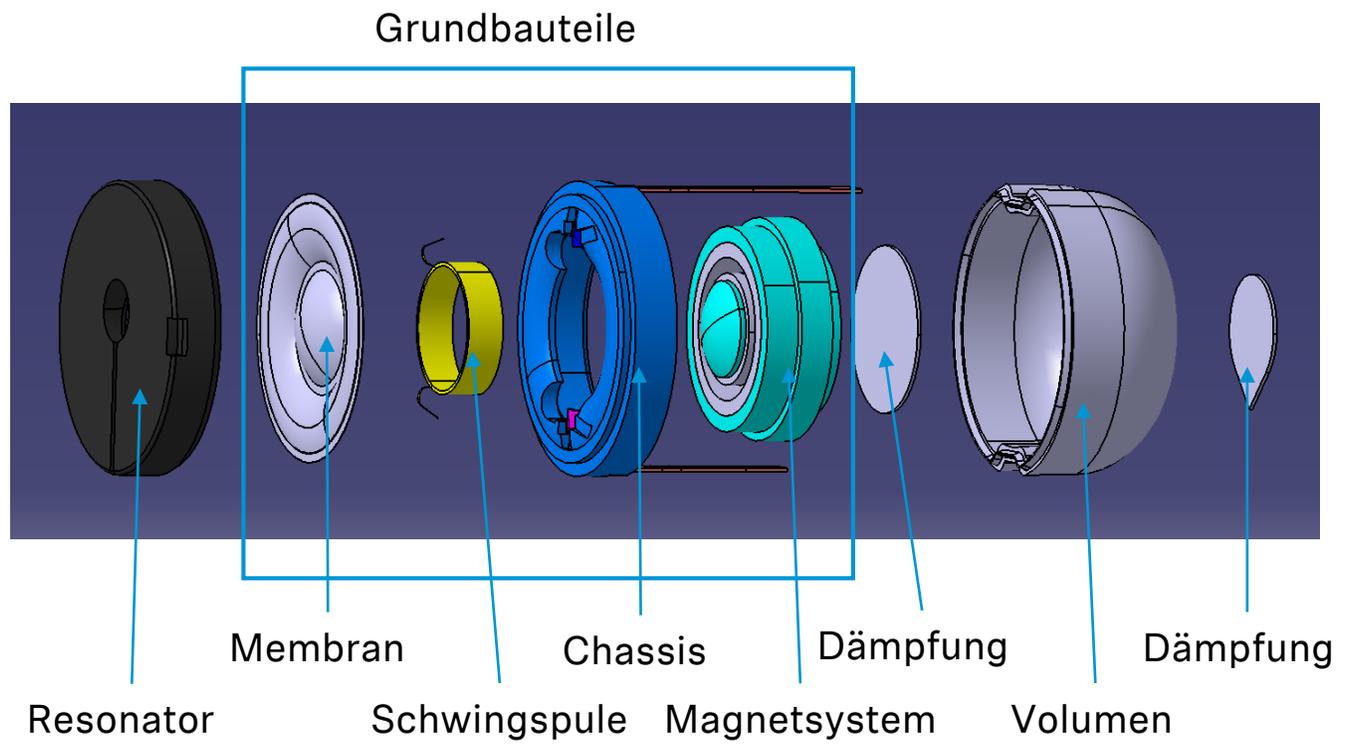


IE800 (Explosionsdarstellung)



IE800 (kleinster dynamischer HighEnd Hörer)

Aufbau eines dynamischen Wandlers

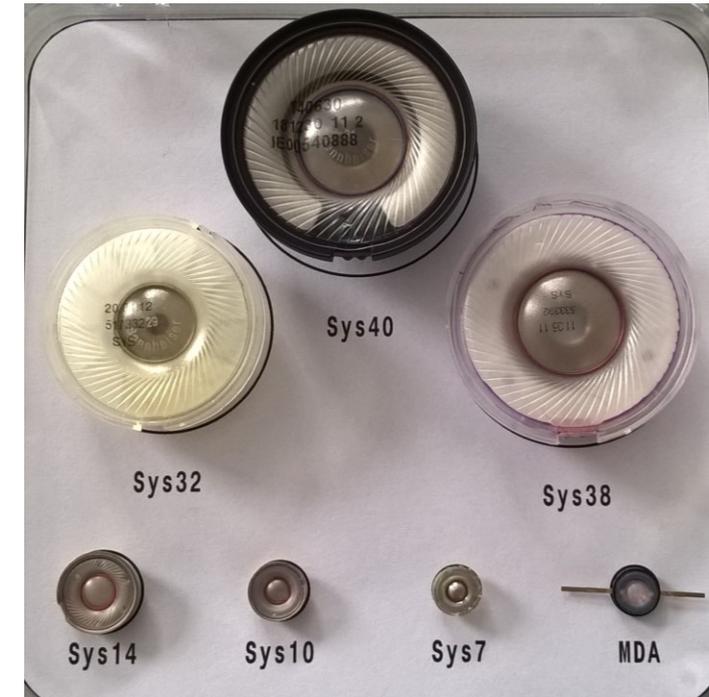


Produktgrößen



▶ Produktgrößen:

- Die Größen von Sys40 bis Sys10 werden schon automatisch gefertigt
- Der Sys7 wird in Handarbeit für unseren kleinsten InEar Hörer gebaut
- MDA hat gleiche Größe wie Sys7



Dynamische Wandler



► Beschreibung des Projektes MDA (MicroDriverAutomation)

- Projektkernteam aus 5 Personen (Pilotprojekt agile Arbeitsmethodik)
- In Konzeptphase ca. 75% der Arbeitszeit für dies Projekt (Dauer ca. 1 Jahr)
- Entwicklungsphase mit erweitertem, wechselndem Team (Dauer ca. 1 Jahr)
- Beschaffungsphase mit wiederum wechselndem Team (Dauer ca. 18 Monate)

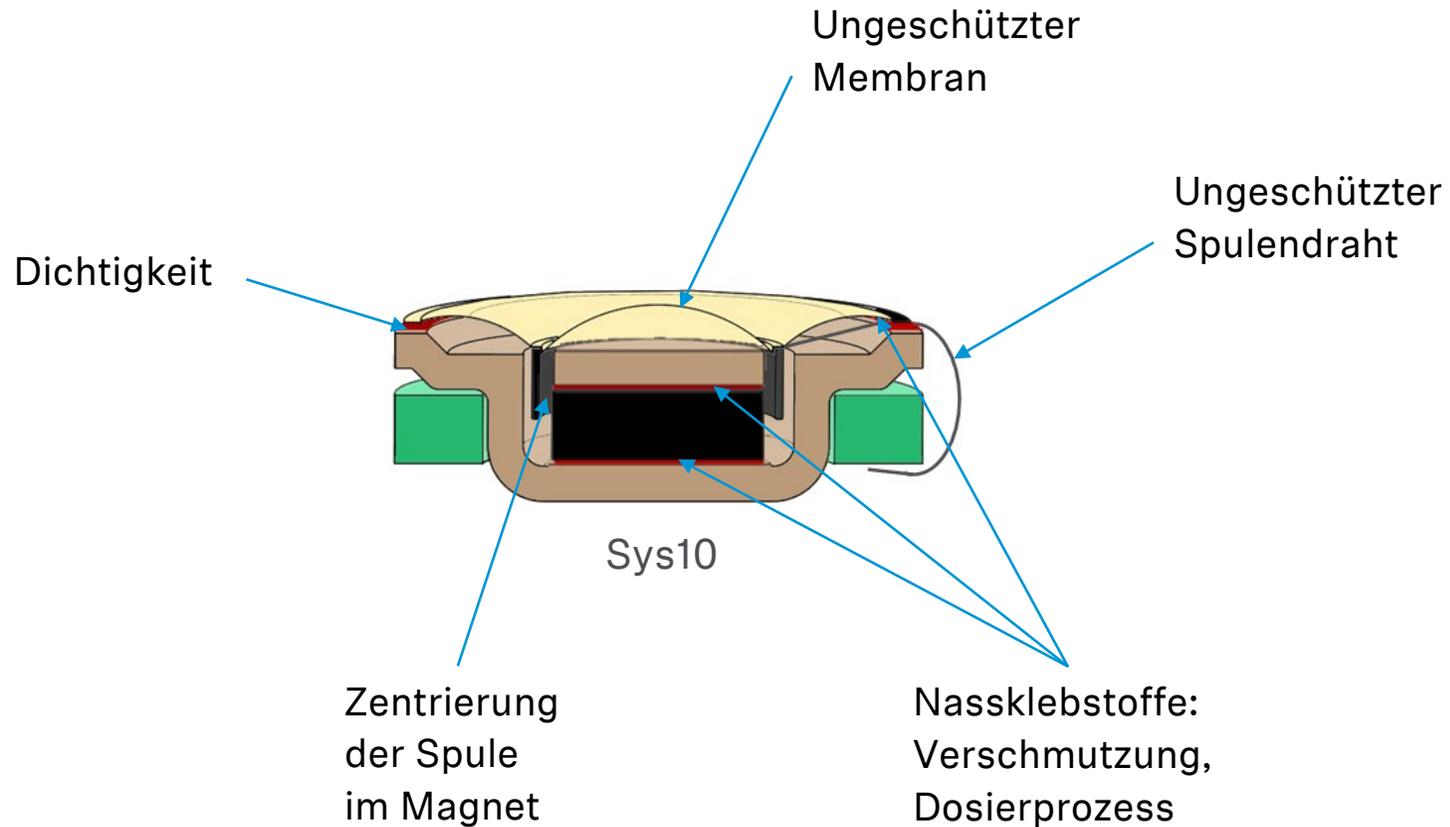
► Besonderheiten

- Hohe Konzentration auf dies Projekt in kleinem Kernteam
- Volle Verantwortung beim Team
- Sehr gute „Chemie“ im Team



Momentum2 IE BT

Analyse der bisherigen Produktion



IE800 (Explosionsdarstellung)

Weitere Probleme



► Risiken:

- Es gibt keine automatische Fertigung für hochwertige Wandler in der Größe – keine Erfahrung
- Neue Fertigungsprozesse (Machbarkeit?)
- Muster für Machbarkeitsstudien sind sehr aufwändig in der Erstellung

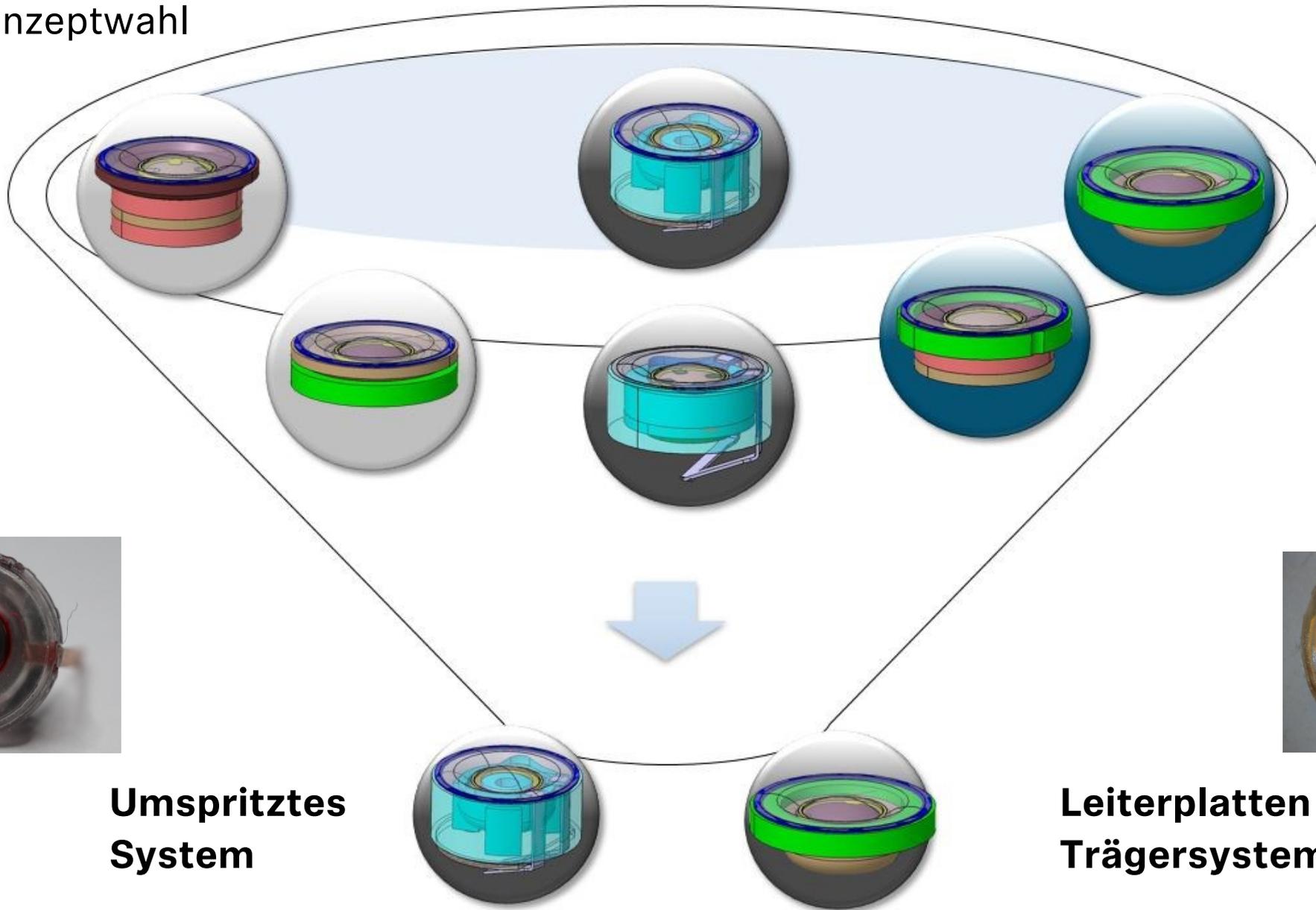
► Kosten:

- Eins der größten Probleme - die Teilekosten
- Teilekosten Vergleichswandler (Sys10) ca. 25ct



IE800 (Explosionsdarstellung)

Freie Konzeptwahl



Umspritztes System

Leiterplatten Trägersystem

Resultat aus Konzeptphase

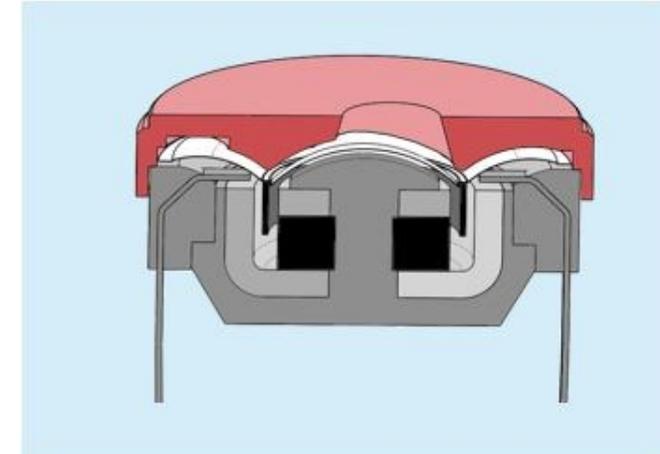


▶ Basisvariante erfüllt die Anforderungen

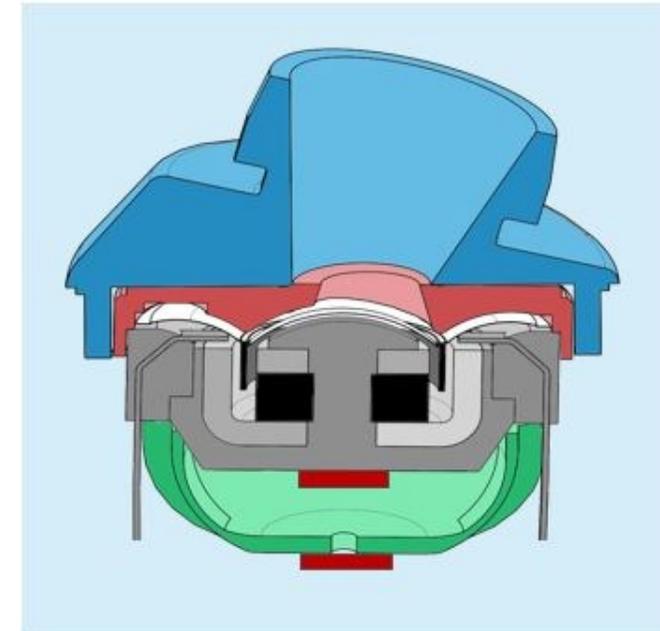
- Alle Probleme berücksichtigt
- 2 Bauteile mehr (gegenüber Sys10), aber im Kostenrahmen
- Nicht finale Akustik

▶ Vorschlag zur Erweiterung des Projektes

- Finale Akustik (kürzere Entwicklungszeit)
- Dämpfungen zur Einstellung von Soundvarianten
- Nozzle (blau) und rückwertiges Volumen (grün) machen das Akustikmodul komplett



Basisvariante



MDA Akustikmodul

Entwicklungsphase

Betrachtung möglicher Risikoprozesse

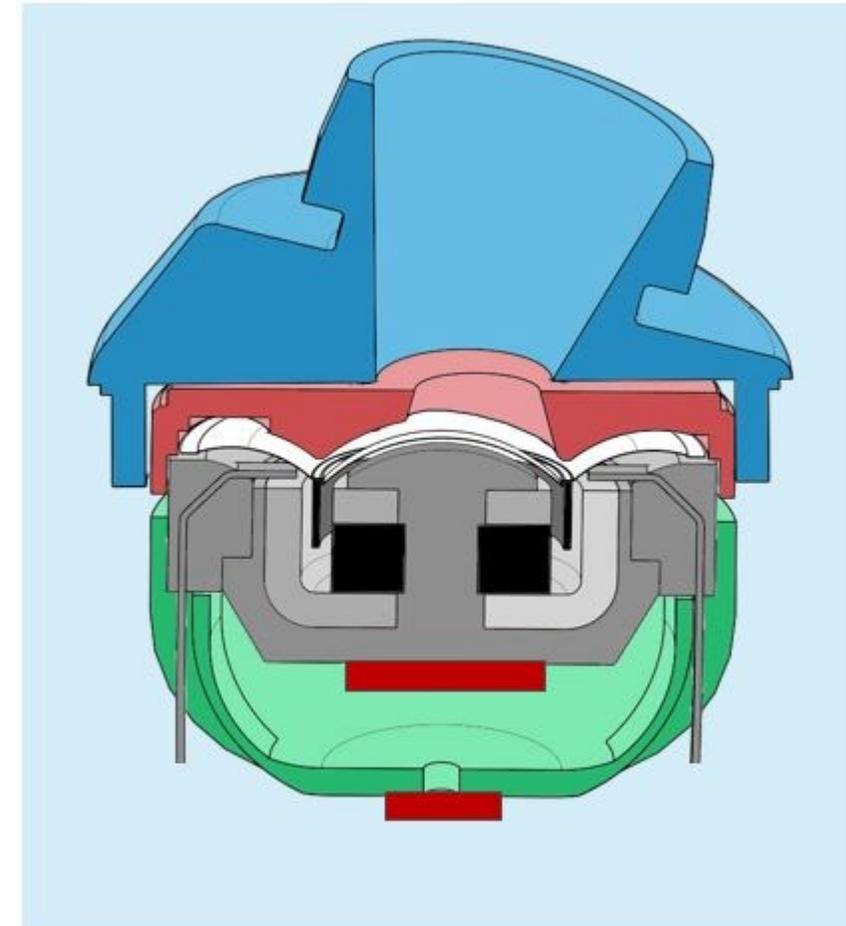


► Umspritzung von Bauteilen

- Keine Erfahrung bei Sennheiser
- Nur ein potentieller Anbieter

► Weitere Risikoprozesse

- Ultraschall als Verbindungstechnik (3 Schweißungen)
- Laserschneidprozesse für Folie und Gewebe
- Automatisches Handling von doppelseitigen Klebepads für Dämpfungen
- Spulendrahtkontaktierung
- Klebstoffdosierung Schwingspule



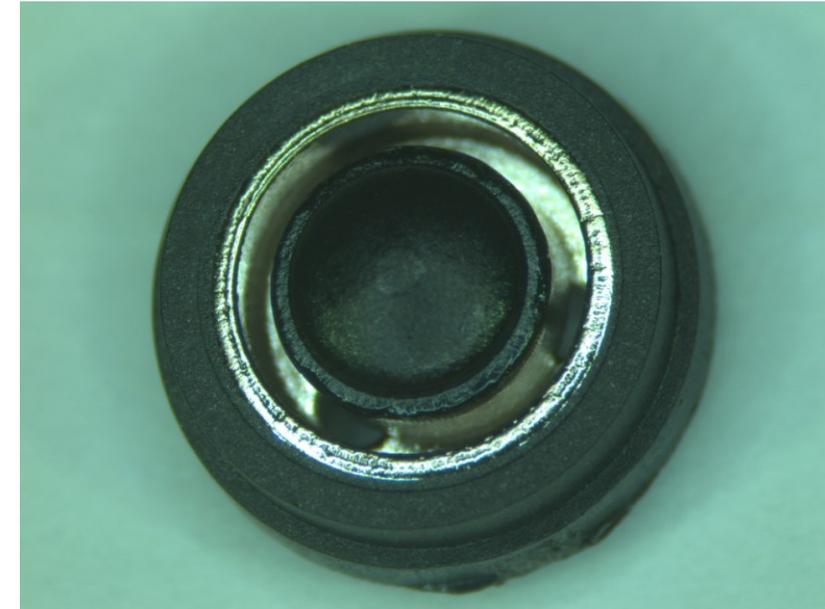
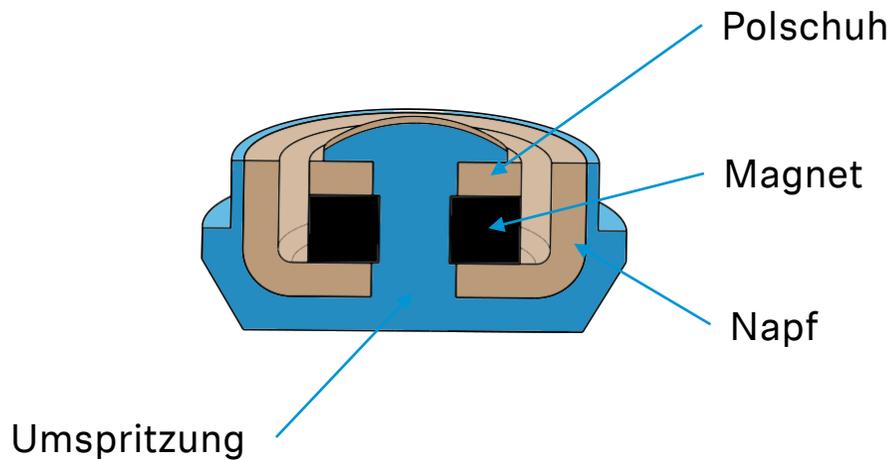
MDA Akustikmodul

Umspritzung Magnetsystem

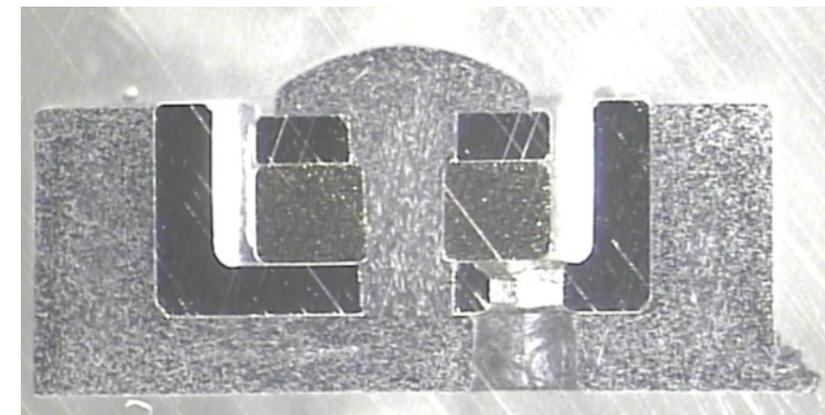


► Magnetsystembauteile mit Kunststoff umspritzen

- Nassklebstoff eliminiert
- Größere Wertschöpfung, weil Fertigung im Hause
- Sehr gute Zentrität der Bauteile



Magnetsystem 3mm



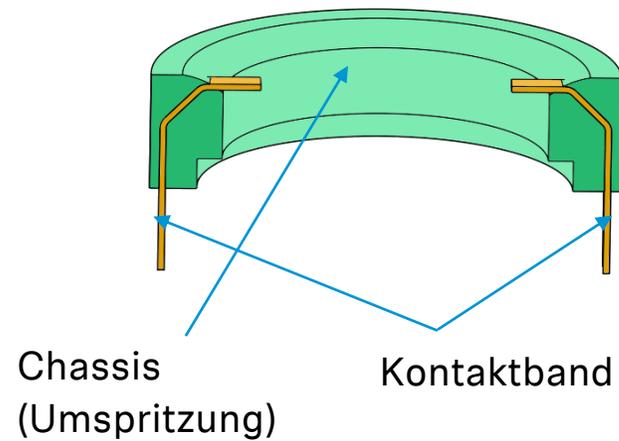
Schliffbild

Umspritzung Kontaktband Chassisbaugruppe



► Kontaktband in Kunststoff einspritzen

- Geschützter Spulendraht unter der Membran
- Keine zusätzliche Leiterplatte notwendig
- Bauteil Resonator fällt mit ab



Chassis und Reso aus Musterwerkzeug

Umsetzung der Kunststoffspritzprozesse

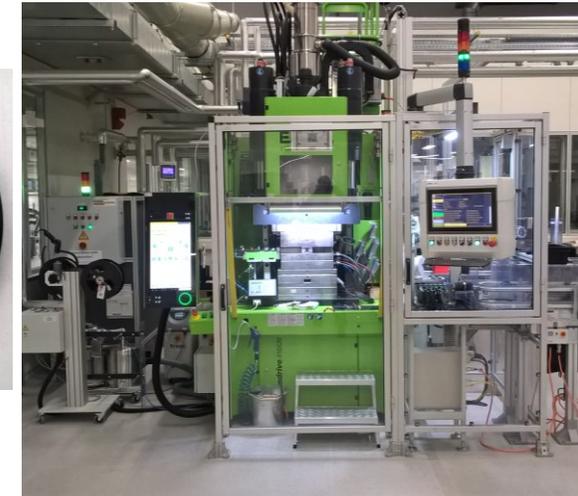


► Anlage für Chassis und Resonator

- Spritzmaschine mit 35t Schließkraft und 4,7t Eigengewicht
- Schussgewicht 6g
- Zykluszeit 22s
- 4 Chassis und 4 Resonatoren



Chassisnutzen



Spritzgussanlage Chassisnutzen

► Anlage für Magnetsysteme

- Spritzmaschine mit 40t Schließkraft und 5,8t Eigengewicht
- Schussgewicht 1g
- Zykluszeit 22s
- Rundtisch mit 3 Unterwerkzeugen mit je 4 Kavitäten



Magnetsystem



Spritzgussanlage Magnetsystem

Risiko: Ultraschallschweißen

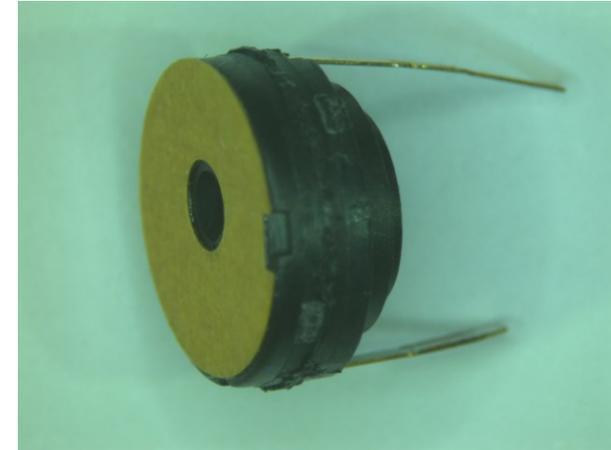


▶ Machbarkeitsstudie mit Ultraschallmaschinenhersteller

- Kleine Teile schon grenzwertig – aber das Schweißen ist machbar

▶ Umsetzung

- Probleme durch US-Verfahren mit finalen Bauteilen
- Spritzwerkzeugänderungen
- Austausch der US-Technik



Resonator- und Magnetsystemschiweißung



Rückvolumenschweißung

Risiko: Laserschneiden und Handling von doppelseitigen Klebepads

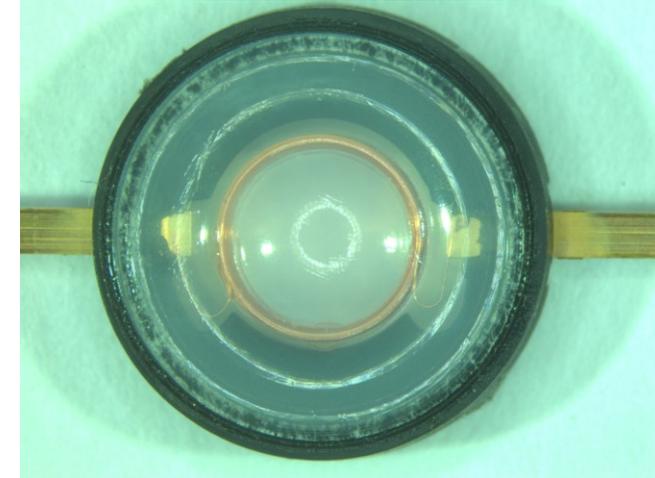


► Machbarkeitsstudien mit ext. Partner

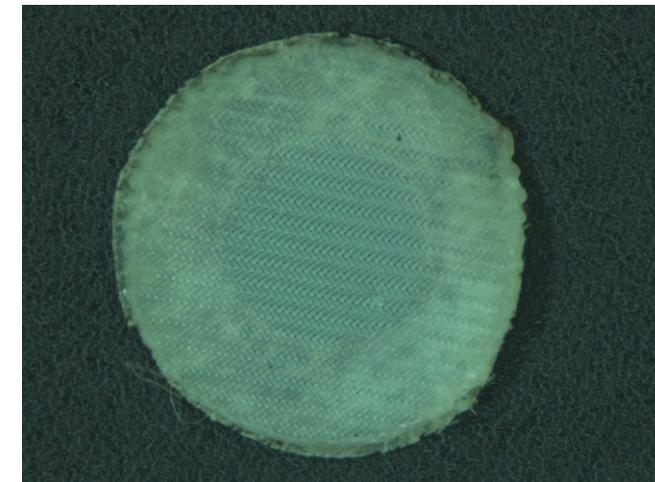
- Grundsätzliche Laserschneidversuche mit Laserhersteller (Folie, Klebeband und Gewebe)
- Versuchsaufbau und Tests mit Sondermaschinenbauer

► Umsetzung

- Nahezu 1:1 Umsetzung des Versuchsaufbaus



Folienschnitt



Dämpfungsgewebe

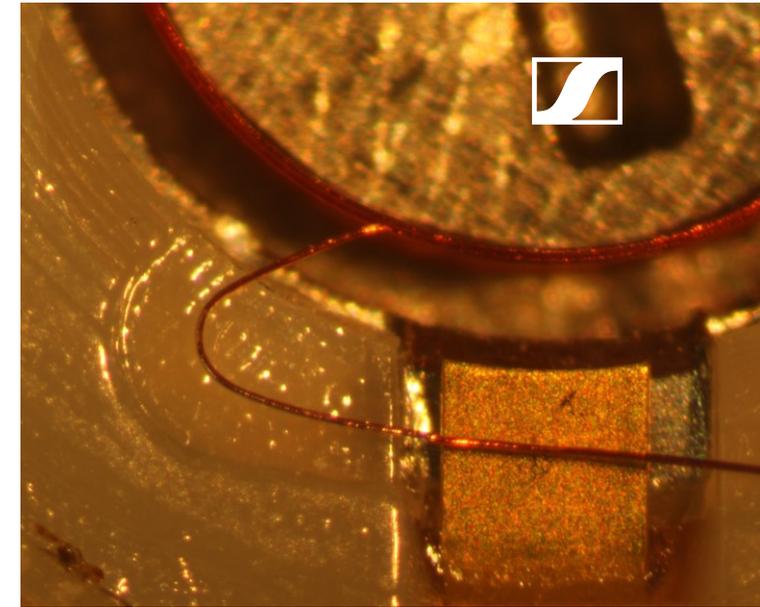
Risiko: Spulendraht kontaktieren (Drahtbonden)

► Machbarkeitsstudien mit ext. Partnern

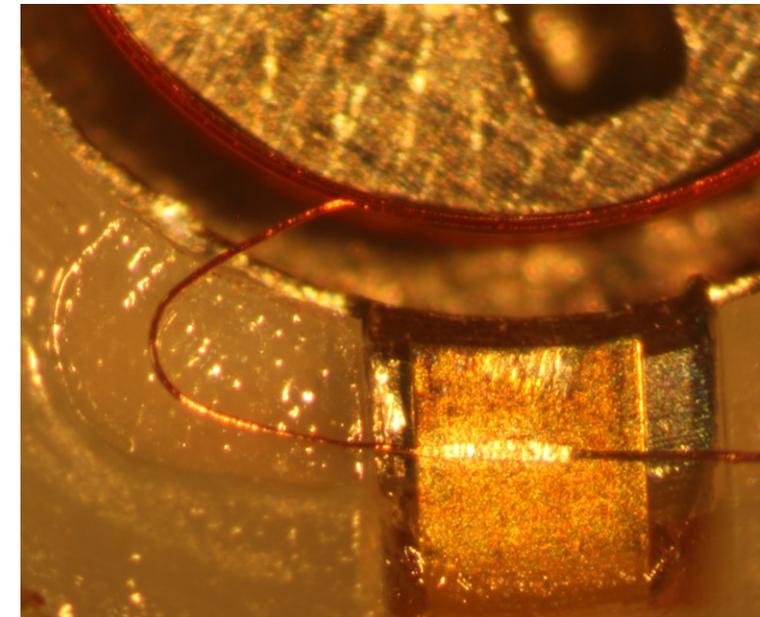
- Größe der Bauteile schließt einige Verfahren aus
- Geeignetes Verfahren wurde gesucht
- Hohe Temperaturen haben wiederum Einfluss auf die Auswahl des Kunststoffes bei der Umspritzung
- Kontaktblech 0,8mm breit

► Umsetzung

- Verfahren aus Vorversuchen
- Thermokompressionsbonden mit Diamanten



Draht vor der Bondung



Draht nach der Bondung

Risiko: Klebstoffdosierung Spulenanbindung

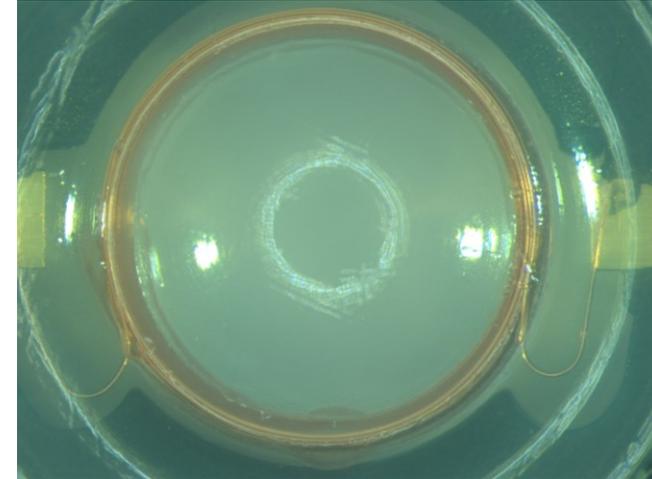


▶ Machbarkeitsstudie im eigenen Labor

- Auswahl des Klebstoffes
- Auswahl geeigneter Dosiertechnik
- Parameterfindung

▶ Umsetzung

- UV-Klebstoff
- Volumetrisches Dosiersystem (Dosierzeit <1s)
- Dosiermenge: 0,0005g/Wandler oder 0,1µl



Klebstoffdosierung

Umsetzung Montageanlage



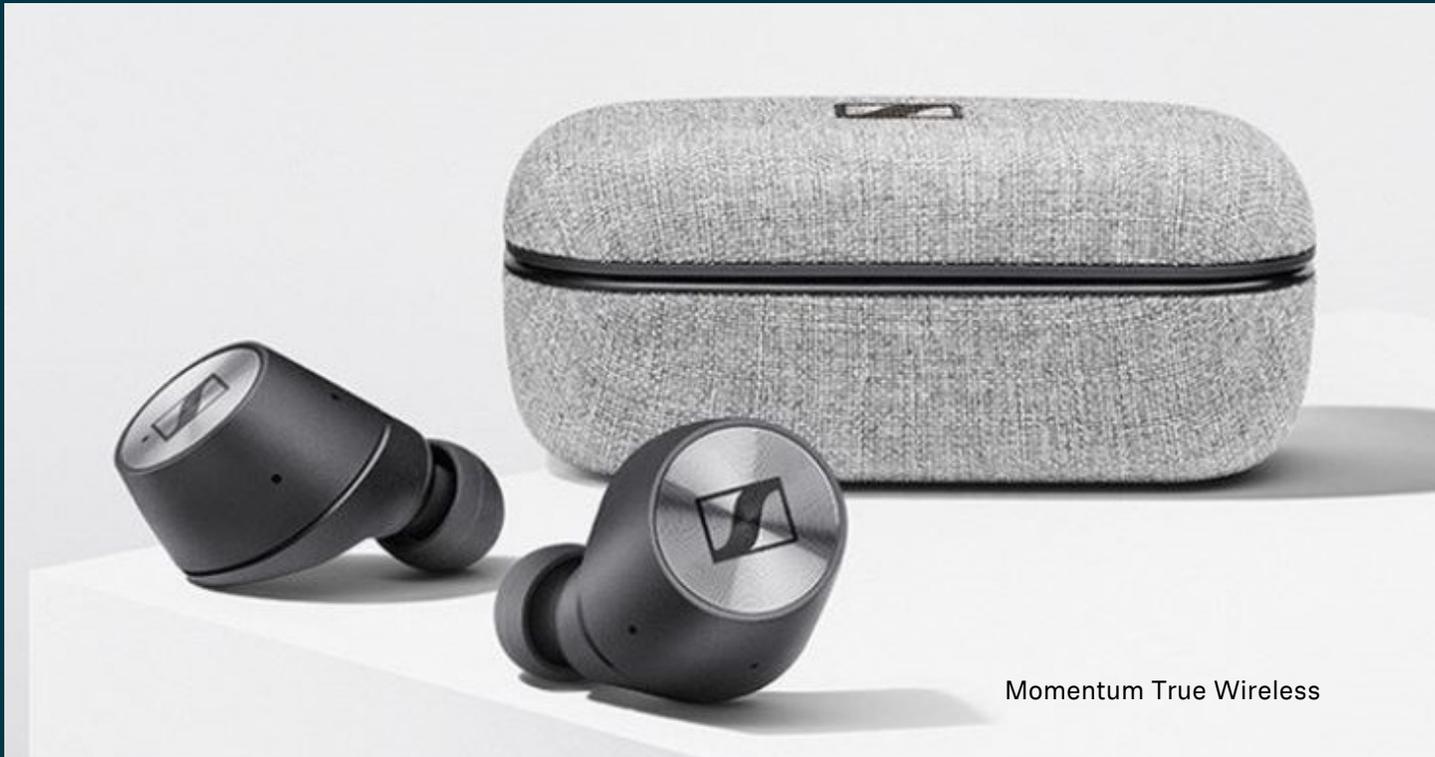
► Details:

- 5 Montagezellen und ein Palettierer
- 1 akustische Prüfzelle mit 4 Prüfkammern
- 1 Wickelmaschine mit 2 Spindeln
- Länge 15m
- Zykluszeit: 5,7s
- Umsetzungszeit: 18 Monate
- Inbetriebnahme: Sept. 2018



Montageanlage MDA

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Momentum True Wireless



Momentum True Wireless

Kontakt

Günter Pöppel

Prozessentwickler/ ENA / Engineering

guenter.poeppel@sennheiser.com

Quelle aller Bilder und Grafiken: Sennheiser electronic GmbH&CoKG

Fragen?

Fragen?